PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

G01B 11/00

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 99/53268

A1 (43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

21. Oktober 1999 (21.10.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP99/02568

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. April 1999 (10.04.99)

(30) Prioritätsdaten:

198 16 270.7

11. April 1998 (11.04.98)

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Siemensstrasse 19, D-35394 Gießen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CHRISTOPH, Ralf [DE/DE]; Taunusblick 2, D-35641 Schöffengrund (DE).

Hans-Herbert: STOFFREGEN. Friedrich-Ebert-Anlage 11b, D-63450 Hanau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen

Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR DETERMINING THE GEOMETRY OF OBJECTS USING A COORDINATE MEASURING DEVICE

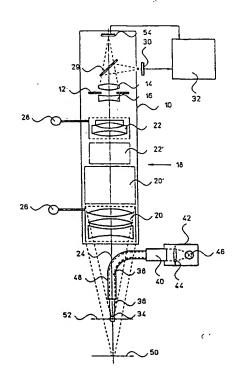
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR ERFASSUNG DER GEOMETRIE VON GEGENSTÄNDEN MITTELS EINES KOORDINATENMESSGERÄTS

(57) Abstract

The invention relates to a method and an arrangement for determining the geometry of objects using a coordinate measuring device. An optical system (10) is used to form an image of at least one light or scanning spot whose position depends on the geometry of the object on at least one detector (30). The imaging scale, depth of field and distance from the object are adjusted by means of a zoom lens (18) whose lens groups (20, 22) are each power driven and are axially displaceable.

(57) Zusammenfassung

Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Anordnung für die Messung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgeräts. Mit einem optischen System (10) wird wenigstens ein Lichtfleck oder Lichtpunkt, dessen Lage von der Geometrie des Gegenstandes abhängig ist, auf wenigstens einem Detektor (30) abgebildet. Mit einer Zoomoptik (18), deren Lisengruppen (20, 22) jeweils motorisch axial bewegbar sind, werden der Abbildungsmaßstab, die Schärfentiefe und der Abstand zum Gegenstand eingestellt.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
ΑÜ	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ.	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungam	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
ВJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten vo
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko `.		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
СН	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	zw	Zimbabwe
СМ	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	ΚZ	Kasachstan	RO	Rumānien		
cz	Tschechische Republik	LÇ	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur .		

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Erfassung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgeräts

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur Messung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgeräts mit einem optischen System zur Erfassung und Abbildung wenigstens eines Lichtflecks, Lichtpunkts, Kontrastübergangs oder einer Kante, dessen bzw. deren Lage von der Geometrie bestimmt wird, auf wenigstens einen Detektor, dessen Ausgangssignale ausgewertet werden, wobei mit dem optischen System ein wählbarer Abbildungsmaßstab und ein wählbarer Abstand zum jeweiligen Gegenstand einstellbar sind.

Ein Verfahren und eine Anordnung der vorstehend beschriebenen Art sind bekannt (R.-J. Ahlers, W. Rauh: "Koordinatenmesstechnik mit Bildverarbeitung" in: VDI-Z 131 (1989) Nr. 11, Seiten 12 - 16). Das bekannte Koordinatenmessgerät hat eine spezielle Optik mit einem telezentrischen Strahlengang. Die Optik ist weiterhin so aufgebaut, dass ein Vergrößerungswechsel keine Änderung des Objektabstands zur Folge hat. Für Höhenmessungen ist bei dem bekannten Koordinatenmessgerät eine Autofokussiereinrichtung vorgesehen, die als Nullindikator arbeitet und eine zusätzliche mechanische Bewegung in der dritten Dimension nötig macht.

Bekannt ist auch eine Steuereinrichtung für Objektive mit veränderbarer Brennweite, bei denen eine Frontlinsengruppe, ein erstes Schiebeglied zur Brennweitenänderung und ein zweites Schiebeglied zum Konstanthalten des Bildortes jeweils mit Antriebssystemen zur axialen Verschiebung verbunden sind. Die Steuerung enthält eine Torschaltung, mit der die optischen Schiebeglieder an beliebiger Stelle unabhängig von den Eingangsbedingungen stillgesetzt werden können (DE 26 11 639 C3).

Schließlich ist eine Vorrichtung zur Messung geometrischer Strukturen mit einem Photogrammiersystem und einem Taststift aus biegeelastischem Schaft und einem mit dem Schaft verbundenen Antastelement bekannt, das bei der Messung in Berührung mit dem Messobjekt gebracht wird. Am Schaft sind Zielmarken, z. B. Kugeln, angebracht, deren Position relativ zum Tastbezugssystem vom Photogrammiersystem erfasst wird. Die Position des Antastelementes wird aus den Zielmarkenpositionen, die Licht abstrahlen, gemessen (DE 297 10 242 U1).

Der Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein für einen weiten Einsatzbereich geeignetes Verfahren und eine Anordnung für die Verwendung in einem weiten Einsatzbereich zur Messung der Geometrie von Gegenständen mit einem optischen System bereitzustellen, das mit geringem Aufwand geometrieabhängig erzeugtes Licht erfasst und auf wenigstens einem Detektor abbildet sowie in einem großen Messbereich hohe Auflösungen ermöglicht.

Das Problem wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß im Wesentlichen dadurch gelöst, dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für den Abbildungsmaßstab und den Abstand zum Gegenstand separat bewegt werden. Dieses Verfahren eignet sich zur genauen Messung von Geometrien, die große Unterschiede im Profilverlauf haben können.

Bei einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform wird das topographieabhängige Licht durch ein Tastelement erzeugt, das mit dem Gegenstand in Berührung gebracht wird und dessen Position unmittelbar oder mittelbar über mindestens eine Zielmarke mit dem optischen System festgestellt wird. Diese Ausführungsform gestattet die Auswahl zwischen einem optischen, d. h. berührungslos arbeitenden Verfahren und einem mit mechanischer Abtastung arbeitenden, d. h. optisch-mechanischen Verfahren. Die Auswahl richtet sich nach der Art der jeweiligen zu messenden Geometrie, den Materialeigenschaften, dem gewünschten Abbildungsmaßstab, der gewünschten Schärfentiefe und dem gewünschten Messabstand bzw. Arbeitsabstand.

Bei der Messung der Geometrie des Gegenstandes mit Hilfe des Tastelements wird der

Arbeitsabstand des optischen Systems zweckmäßigerweise mit der Zoomoptik so eingestellt, dass sich die Objekt- bzw. Messebene in der Mitte des Tastelements befindet.

Bei der Messung der Oberflächentopographie ohne Tastelement, d. h. nur optisch, wird der Arbeitsabstand des optischen Systems mit der Zoomoptik vorzugsweise so eingestellt, dass sich die Objekt- bzw. Messebene vor dem Tastelement befindet. Dabei liegt das Tastelement außerhalb der Schärfentiefe des optischen Systems und ist nicht sichtbar.

Alternativ kann mit der Zoomoptik die Objekt- und Messebene im Raum auf der dem Gegenstand zugewandten Seite des Tastelements eingestellt werden.

Insbesondere wird die Position des Tastelements und/oder der wenigstens einen Zielmarke mittels reflektierender und/oder durch dieses bzw. diese abschattender und/oder von dem Tastelement abstrahlender Strahlung bestimmt.

Zweckmäßigerweise wird die bei Berührung des Gegenstandes hervorgerufene Auslenkung des Tastelements mittels des optischen Systems gemessen. Die Auslenkung kann durch die Verschiebung der Abbildung des Tastelements auf dem Detektor festgestellt werden. Es ist auch möglich, die Auslenkung des Tastelements durch Auswerten der Kontrastfunktion der Abbildung mittels eines Bildverarbeitungssystems zu bestimmen. Die Auslenkung kann auch aus einer Größenänderung der Abbildung der wenigstens einen Zielmarke bestimmt werden, die auf dem strahlenoptischen Zusammenhang zwischen Objekt-Abstand und Vergrößerung beruht. Weiterhin kann die Auslenkung des Tastelements durch die scheinbare Größenänderung der Zielmarkenabbildung aufgrund des Kontrastverlustes durch Defokussierung bestimmt werden.

Bei einer Anordnung für die Messung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgerätes mit einem optischen System zur Erfassung und Abbildung wenigstens eines Lichtflecks, Lichtpunkts, Kontrastübergangs oder Kante, dessen bzw. deren Lage von der Oberflächentopographie bestimmt wird, auf wenigstens einem Detektor, dessen Ausgangssignale auswertbar sind, wobei das optische System für die Einstellung eines wählbaren

Abbildungsmaßstabs und eines wählbaren Abstands zum jeweiligen Gegenstand ausgebildet ist, wird das Problem erfindungsgemäß im Wesentlichen dadurch gelöst, dass das optische System eine Zoomoptik aufweist, die wenigstens zwei axial jeweils separat motorisch verschiebbare Linsengruppen enthält. Mit den Linsengruppen bzw. Linsenpaketen werden der Abbildungsmaßstab und/oder der Arbeitsabstand und/oder die Schärfentiefe verändert bzw. eingestellt.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Anordnung ist ein Tastelement und/oder wenigstens eine diesem zugeordnete Zielmarke zur optischen Positionserfassung vor dem optischen System vorgesehen. Durch die Anordnung des Tastelements bzw. wenigstens der einen Zielmarke kann die erfindungsgemäße Messanordnung in zwei verschiedenen Betriebsarten arbeiten. In der einen Betriebsart wird die Geometrie ohne Berührung des Gegenstandes gemessen. In der anderen Betriebsart wird die Geometrie durch die Abtastung und Auslenkung des Tastelements mittelbar optisch gemessen. Bei der Messung ohne Tastelement wird die Zoom- bzw. Variooptik so eingestellt, dass sich die Objekt- bzw. Messebene vor der dem optischen System zugewandten Seite des Tastelements befindet, d. h. das Tastelement liegt außerhalb der Schärfentiefe des optischen Systems. Das Tastelement ist "unsichtbar". Wird die Auslenkung des Tastelements für die Messung verwendet, dann wird die Objektebene mittels der Zoomoptik in die Mitte des Tastelements gelegt.

Das Tastelement ist vorzugsweise am Ende eines biegeelastischen Glasfaser- bzw. Lichtleitertaststifts angeordnet. Der Glasfasertaststift kann am Ende kugelig ausgebildet sein. Es ist auch möglich, den Glasfasertaststift mit wenigstens einer Zielmarke zu versehen. Durch den Lichtleiter wird dem Ende des Stifts bzw. der oder den Zielmarken Licht zugeführt, das vom Ende bzw. von den Zielmarken abgestrahlt wird.

Es ist aber auch möglich, das Tastelement bzw. die Zielmarke als Reflektor an oder auf einem Stift auszubilden.

Der Stift bzw. der Glasfaserstift sind vorzugsweise L-förmig gebogen, wobei der an das Tastende angrenzende Abschnitt längs der optischen Achse des optischen Systems angeordnet ist.

Durch die zwei möglichen Betriebsarten wird der Einsatzbereich der erfindungsgemäßen Messanordnung erweitert. Die Art der Messung kann auf die Struktur der jeweiligen Objektoberfläche abgestimmt werden. Die Messanordnung ist demnach als breit einsetzbarer Rauheits-, Form- oder Welligkeitstester selbst für schwierige Konturen geeignet. Gemessen werden können Oberflächenstrukturen sowohl aus hartem als auch aus weichem Material wie Gummi oder Plastik.

Dabei kann zur definierten Einstellung der Antastkraft des Tastelementes der biegeelastische Stift oder Schaft von einer starren oder im Wesentlichen starren Führung gegebenenfalls verschiebbar aufgenommen sein, die von dem Stift bzw. Schaft mit einer gewünschten Biegelänge überragt wird, die das Tastelement bzw. eine diesem zugeordnete Zielmarke aufweist.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination -, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines in einer Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels.

In der Zeichnung ist schematisch eine Anordnung eines Koordinatenmessgerätes zur Erfassung der Geometrie von Objekten bzw. Gegenständen dargestellt. Die Anordnung enthält ein optisches System 10, das ein hinter einer Blende 12 angeordnetes Grundobjektiv 14 und eine vor der Blende 12 angeordnete feststehende Linse 16 aufweist. Eine Zoom- bzw. Variooptik 18 bildet den Vorsatz vor dem Grundobjektiv 14. Die Zoomoptik 18 enthält eine erste Linsengruppe 20 bzw. ein erstes Linsenpaket und eine zweite Linsengruppe 22 bzw. ein zweites Linsenpaket. Die beiden Linsengruppen 20, 22 sind unabhängig voneinander in ihren axialen Positionen längs einer optischen Achse 24 des optischen Systems 10 motorisch einstellbar. In der Zeichnung ist die Einstellbarkeit durch einen mit der Linsengruppe 20 verbundenen motorischen Antrieb 26 und einem mit der Linsengruppe 22 verbundenen motorischen Antrieb 28 schematisch dargestellt. In einer Abbildungsebene hinter dem Grundobjektiv 14, die außerhalb des längs der Achse 24 beweglichen optischen Systems 10 angeordnet ist, befindet sich ein insbesondere photoelektrischer Detektor 30, dem die aus dem

Grundobjektiv 14 austretenden Strahlen über einen Umlenkspiegel 29 zugeführt werden und der ausgangsseitig mit einer Auswerteeinheit 32 verbunden ist, mit der die Ausgangssignale des Detektors 30 aufbereitet und verarbeitet werden. Die Auswerteeinheit 32 enthält insbesondere einen Rechner. Der Detektor 30 ist z. B. eine Kamera.

Vor dem optischen System 10 befindet sich in einem Abstand ein Tastelement 34, das am Ende eines Taststifts 36 angeordnet ist. Der Taststift 36 ist L-förmig gebogen bzw. abgewinkelt. Der mit dem Tastelement 34 verbundene Abschnitt des Taststifts vor der Krümmung, ist längs der optischen Achse 24 angeordnet, die auch durch das Tastelement 34 verläuft. Am Taststift 36 kann wenigstens eine Zielmarke angeordnet sein, die aber in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Der Umlenkspiegel 29 ist teildurchlässig.

Das Tastelement 34 und/oder die Zielmarke können als eine Strahlung räumlich abstrahlender oder reflektierender Körper, insbesondere als Kugel oder Zylinder ausgebildet sein.

Der Taststift 36 ist zumindest in dem an das Tastelement 34 angrenzenden Abschnitt biegeelastisch. Ein rechtwinklig zur optischen Achse 24 abgewinkelter Abschnitt 38 ist an seinem Ende in einer Hülse 40 angeordnet, die an einem Halter 42 befestigt ist. Der Halter 42 kann mit einem in fünf Freiheitsgraden beweglichen Antriebsmechanismus verbunden sein. Halter 42 und optisches System 10 können miteinander verbunden sein bzw. eine starre Einheit bilden. Die Hülse 40 ist starr oder im Wesentlichen starr ausgebildet, so dass das über die Hülse 40 vorstehende freie Ende des biegeelastischen Taststifts 36 definiert biegbar ist, wodurch eine gewünschte Antastkraft des Tastelementes 34 vorgebbar ist. Der Schaft bzw. Taststift 36 kann dabei fest in der Führung bzw. Hülse 40 aufgenommen oder zu dieser verschiebbar ausgebildet sein, um die Biegelänge, d. h. den Abschnitt, der die Hülse 40 überragt, vorgeben zu können.

Der Taststift 36 ist vorzugsweise als Lichtleiter bzw. Glasfaserleiter ausgebildet, dessen im Halter 42 angeordnetes Ende über eine Optik 44 von einer Lichtquelle 46 angestrahlt wird. Der Lichtleiter ist bis auf den dem lichtdurchlässigen Tastelement 34 benachbarten Abschnitt von einer lichtundurchlässigen Hülle 48 umgeben.

Mit der in der Zeichnung dargestellten Anordnung können Oberflächen von Objekten nach zwei verschiedenen Verfahren, nämlich einem berührungslosen oder einem mechanisch/optischen gemessen werden. Beim berührungslosen, optisch abtastenden Verfahren wird die Zoomoptik 18 so eingestellt, dass der Arbeitsabstand 50 vor dem Tastelement 34 liegt. Die Linsengruppen 20 und 22 befinden sich dabei in den in der Zeichnung durch ausgezogene Linien dargestellten Positionen. Das Tastelement 34 liegt bei dieser Einstellung außerhalb der Schärfentiefe des optischen Systems 10. Dies bedeutet, dass er nicht sichtbar ist und daher nicht abgebildet wird. Mit der berührungslosen Abtastung können z. B. die Oberflächen von elastischem oder sogar weichem Material gemessen werden.

Beim mechanisch/optischen Verfahren wird die Position des in mechanischem Kontakt mit der Oberfläche des Objekts gebrachten Tastelements 34 gemessen. Zuvor wird die Zoomoptik 18 so eingestellt, dass sich die Objekt- bzw. Messebene 52 in der Mitte des Tastelements 34, der sogenannten Antastkugel befindet. Es wird also die Lage des Tastelements 34 bzw. die einer nicht dargestellten Zielmarke gemessen. Verformungen des Taststifts 36 haben keinen Einfluss auf die Messung.

Auslenkungen in der Richtung senkrecht zur Sensor- wie Kameraachse lassen sich direkt durch Verschiebung des Bildes in einem dem teildurchlässigen Umlenkspiegel 29 nachgeschalteten Sensorfeld 54, insbesondere einer elektronischen Kamera bestimmen. Die Auswertung des Bildes kann mit einer in einem Koordinatenmessgerät in der Auswerteeinheit 32 installierten Bildverarbeitung erfolgen. Damit ist ein zweidimensional arbeitendes Tastsystem realisiert, das sehr einfach an eine optische Auswerteeinheit gekoppelt werden kann.

Für eine Sensierung der Auslenkung in Richtung der optischen Sensor- wie Kameraachse sind mehrere Möglichkeiten gegeben, so u.a.:

1. Die Auslenkung des Tastelements 34 in Richtung der Sensorachse 24 (Kameraachse) wird durch den Detektor 30 gemessen, ein Fokussystem wie es in der optischen Koordinatenmesstechnik bei der Fokussierung auf die Werkstückoberfläche bereits bekannt ist. Hierbei wird die Kontrastfunktion des Bildes in der elektronischen

Kamera ausgewertet.

- 2. Die Auslenkung des Tastelements in Richtung der Sensor- bzw. Kameraachse wird dadurch gemessen, dass die Abbildungsgröße einer Zielmarke ausgewertet wird, so z. B. bei einer kreis- oder ringförmigen Zielmarke die Veränderung des Durchmessers. Dieser Effekt ist bedingt durch die strahlenoptische Abbildung und lässt sich durch die Ausgestaltung der optischen Einheit gezielt optimieren.
- 3. Auch bei einer dritten Möglichkeit wird die Größenänderung der Zielmarke ausgewertet, jedoch die, welche sich aus der Kombination von strahlenoptischer Größenänderung und der scheinbaren Vergrößerung durch unscharfe Ränder ergibt. Gegenüber der Auswertung der Unschärfefunktion macht sich dieses Verfahren zunutze, dass die tatsächliche Größe der Zielmarke unveränderlich ist.

Die beiden Linsengruppen 20 und 22 sind bei der Objektvermessung mit dem Tastelement 34 in geringerem Abstand voneinander angeordnet als bei der optischen Abtastung. Die entsprechenden Positionen der Linsengruppen 20, 22 sind in der Zeichnung mit 20' und 22' bezeichnet.

Mit der oben beschriebenen Messanordnung lassen sich der Abbildungsmaßstab, die Schärfentiefe und der Arbeitsabstand verändern bzw. den Erfordernissen an die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Oberflächenabtastung anpassen. Da die Messanordnung auch an die Materialeigenschaften wie Härte angepasst werden kann, ist sie für einen weiten Einsatzbereich geeignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgeräts mit einem optischen System zur Erfassung und Abbildung wenigstens eines Lichtflecks, Lichtpunkts, Kontrastübergangs und/oder einer Kante, dessen bzw. deren Lage von der Geometrie bestimmt wird, auf wenigstens einen Detektor, dessen Ausgangssignale ausgewertet werden, wobei mit dem optischen System ein wählbarer Abbildungsmaßstab und ein wählbarer Abstand zum jeweiligen Gegenstand einstellbar ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für den Abbildungsmaßstab und den Abstand zum Gegenstand separat bewegt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lichtfleck, Lichtpunkt, Kontrastübergang oder die Kante durch ein Tastelement erzeugt wird, das mit dem Gegenstand in Berührung gebracht wird und dessen Position unmittelbar oder mittelbar über wenigstens eine Zielmarke mit dem optischen System festgestellt wird.

- 3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2,
 - dadurch gekennzeichnet,

dass der Arbeitsabstand des optischen Systems mit der Zoomoptik derart eingestellt wird, dass sich die Objekt- bzw. Messebene in der Mitte des Tastelements befindet.

4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Arbeitsabstand des optischen Systems mit der Zoomoptik derart eingestellt

wird, dass sich die Objekt- bzw. Messebene vor dem Tastelement befindet.

- Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, da durch gekennzeichnet, dass die bei Berührung des Gegenstandes hervorgerufene Auslenkung des Tastelements mit dem optischen System gemessen wird.
- 6. Verfahren nach zumindest Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils
 motorisch in Stellungen für den Abbildungsmaßstab und den Abstand zum Gegenstand separat bewegt werden, dass bei mechanisch/optischer Messung am jeweiligen
 Gegenstand der Lichtfleck, Lichtpunkt, Kontrastübergang oder die Kante durch ein
 Tastelement erzeugt wird, das mit dem Gegenstand in Berührung gebracht wird und
 dessen Position unmittelbar oder mittelbar über wenigstens eine Zielmarke mit dem
 optischen System bei einem mit der Zoomoptik eingestellten Arbeitsabstand des
 optischen Systems festgestellt wird, bei dem die Objekt- bzw. Messebene das Tastelement schneidet, und dass bei berührungsloser Messung am jeweiligen Gegenstand
 der Arbeitsabstand des optischen Systems mit der Zoomoptik derart eingestellt wird,
 dass sich die Objekt- bzw. Messebene außerhalb des Tastelements befindet.
- Anordnung für die Messung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgeräts mit einem optischen System (10) zur Erfassung und Abbildung wenigstens eines Lichtflecks, Lichtpunkts, Kontrastübergangs oder einer Kante dessen bzw. deren Lage von der Geometrie bestimmt wird, auf wenigstens einen Detektor (30), dessen Ausgangssignale auswertbar sind, wobei das optische System für die Einstellung eines wählbaren Abbildungsmaßstabs und eines wählbaren Abstands zum jeweiligen Gegenstand ausgebildet ist,

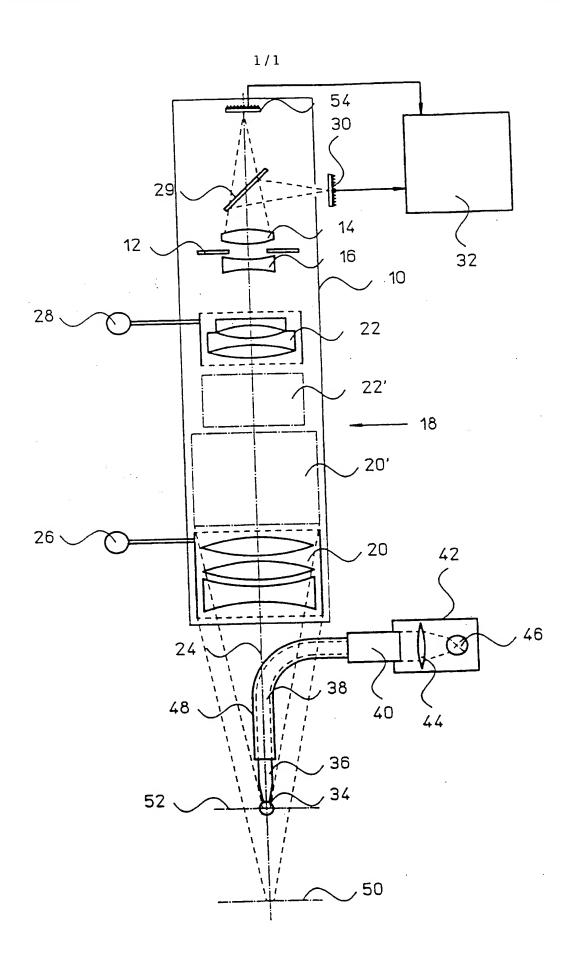
dadurch gekennzeichnet,

dass das optische System (10) eine Zoomoptik (18) aufweist, die wenigstens zwei axial jeweils separat motorisch verschiebbare Linsengruppen (20, 22) enthält.

- 8. Anordnung nach Anspruch 7,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass ein Tastelement (34) und/oder wenigstens eine diesem zugeordnete Zielmarke zur
 optischen Positionserfassung des Lichtflecks oder Lichtpunkts vor dem optischen
 System (10) angeordnet ist.
- 9. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass mit der Zoomoptik (18) die Objekt- bzw. Messebene im Raum auf der dem
 Gegenstand zugewandten Seite des Tastelements (34) eingestellt ist.
- 10. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass mit der Zoomoptik (18) die Objekt- bzw. Messebene im Raum vor der dem
 optischen System (10) zugewandten Seite des Tastelements (34) eingestellt ist.
- 11. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass mit der Zoomoptik (18) die Objekt- bzw. Messebene durch das Tastelement (34)
 insbesondere dessen Mitte verlaufend eingestellt ist.
- 12. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass das Tastelement (34) am Ende eines Lichtleitertaststifts (36) angeordnet ist.
- 13. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 da durch gekennzeichnet,
 dass der Lichtleitertaststift (36) am Ende ein lichtdurchlässiges kugeliges Tastelement
 (34) trägt.

- 14. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass das Tastelement (34) oder wenigstens eine diesem zugeordnete Zielmarke als
 Reflektor ausgebildet ist, der mit einem Stift oder Schaft (36) verbunden ist.
- 15. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass der Stift oder Schaft (36) mit Ausnahme einer freien das Tastelement (34)
 und/oder eine diesem zugeordnete Zielmarke aufweisenden Biegelänge innerhalb einer
 starren oder im Wesentlichen starren Führung wie die Hülse (40) verläuft.
- 16. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass der Stift bzw. Schaft L-förmig abgewinkelt ist und dass der an das Tastelement
 (34) angrenzende Abschnitt des Stifts längs der optischen Achse (24) des optischen
 Systems (10) verläuft.
- 17. Anordnung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass das optische System (10) eine Zoomoptik (18) aufweist, die wenigstens zwei
 axial jeweils motorisch separat verschiebbare Linsengruppen (20, 22) enthält, dass ein
 Tastelement (34) und/oder wenigstens eine diesem zugeordnete Zielmarke zur optischen Positionserfassung des Lichtflecks oder Lichtpunkts vor dem optischen System
 (10) angeordnet ist und dass mit der Zoomoptik (18) die Objekt- bzw. Messebene bei
 einer ersten Betriebsart im Raum auf der dem jeweiligen Gegenstand zugewandten
 Seite des Tastelementes (34) und in einer zweiten Betriebsart im Raum vor der dem
 optischen System (10) zugewandten Seite des Tastelemetes (34) eingestellt ist.

PCT/EP99/02568



INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inti ionales Aktenzeichen PCT/EP 99/02568

A. KLASSIF	ZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G01B11/00		
Nach der Inte	rnationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifil	kation und der IPK	
B. RECHER	CHIERTE GEBIETE	*	
Recherchiert IPK 6	er Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) $601B$		
	e aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sowei		
Während de	internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Nam	e der Datenbank und evtl. verwendete S	uchbegnffe)
CALCWE	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie'	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe d	ler in Betracht kommenden Teile	Betr Anspruch Nr
X	EP 0 427 692 A (C.E. JOHANSSON)		1,7
	15. Mai 1991 (1991-05-15) siehe die Einführung; Spalte 4, Zeile 14 - Spalte 8, Ze Abbildungen 4A-8	ile 56;	
P,X	US 5 825 666 A (D. FREIFELD) 20. Oktober 1998 (1998-10-20) siehe die Einführung; Spalte 5, Zeile 10 - Spalte 13, Z Abbildungen 1-21	Zeile 43;	1-11
		•	
	Washington and dor Engel 7/100 you Fald C 7/1	Y Siehe Anhang Patentiamilie	
ent 'Besonde "A" Veröff aber "E" ältere Anm "L" Veröff sche ande soll e auss "O" Veröf eine "P" Veröf dem	entlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist solchwent. das jedoch erst am oder nach dem internationalen eldedatum veröffentlicht worden ist entlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer ren im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden der die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie jeführt) fentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung. Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	T" Spätere Veröffentlichung, die nach der oder dem Prioritätsdatum veröffentlic Anmeldung nicht kollidiert, sondern n Erfindung zugrundeliegenden Prinzip Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedkann allein aufgrund dieser Veröffentlichung deser Veröffentlicherischer Tätigkeit beruhend bet	nt worden ist und mit der ur zum Verstandnis des der s oder der ihr zugrundeliegenden eutung: die beanspruchte Erfindung lichung nicht als neu oder auf rachtet werden eutung; die beanspruchte Erfindung gkeit beruhend betrachtet itt einer oder mehreren anderen in Verbindung gebracht wird und in naheliegend ist en Patentfamilie ist
	4. August 1999	12/08/1999	
Name un	d Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Visser, F	

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angapen zu Veröffentliche. Jen, die zur selben Patentfamilie genören

Inti- chates Aktenzeichen
PCT/EP 99/02568

Im Recherchenberich angeführtes Patentdokun	t nent	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 427692	Α	15-05-1991	SE 464322 B SE 8903767 A	08-04-1991 08-04-1991
US 5825666	Α	20-10-1998	KEINE	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ational Application No PCT/EP 99/02568

A. CLASSIF	ICATION OF SUBJECT MATTER G01B11/00		
According to	International Patent Classification (IPC) or to both national classificatio	n and IPC	
B. FIELDS S			
Minimum doc IPC 6	cumentation searched (classification system followed by classification $601B$	symbols)	
Documentation	on searched other than minimum documentation to the extent that such	n documents are included in the fields sear	cned
Electronic da	ata base consulted during the international search (name of data base	and, where practical, search terms used)	
	•		
C. DOCUME	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category '	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relev	ant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 427 692 A (C.E. JOHANSSON) 15 May 1991 (1991-05-15) See the introduction;		1,7
	column 4, line 14 - column 8, lir figures 4A-8	ne 56;	
P , X	US 5 825 666 A (D. FREIFELD) 20 October 1998 (1998-10-20) See the introduction; column 5, line 10 - column 13, li figures 1-21	ine 43;	1-11
Furt	ther documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family members are listed	in annex.
"A" docum consi "E" earlier filling "L" docum which criatic criatic "O" docum other "P" docum later	nent defining the general state of the art which is not idered to be of particular relevance occument but published on or after the international date the international date of another on or other special reason (as specified) nent referring to an oral disclosure, use, exhibition or remeans nent published prior to the international filling date but	T' later document published after the inte or priority date and not in conflict with cited to understand the principle or the invention X'' document of particular relevance; the cannot be considered novel or cannot involve an inventive step when the do 'Y' document of particular relevance; the cannot be considered to involve an indocument is combined with one or manents, such combined with one or manents, such combination being obvious the art. B'' document member of the same patent Date of mailing of the international second	the application but eory underlying the laimed invention be considered to cument is taken alone claimed invention ventive step when the ore other such docu- us to a person skilled
	d mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nt, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inte Tonal Application No PCT/EP 99/02568

Patent document cited in search report	Patent document cited in search report		Patent family member(s)	Publication date
EP 427692	Α	15-05-1991	SE 464322 B SE 8903767 A	08-04-1991 08-04-1991
US 5825666	A 	20-10-1998	NONE	

PCT/EP99/02568

ENGLISH TRANSLATION

Description

Method and arrangement for acquiring the geometry of objects by means of a coordinate measuring machine

5

10

15

20

25

٠,

٠,٢

The invention relates to a method and an arrangement for measuring the geometry of objects by means of a coordinate measuring machine having an optical system for acquiring an imaging at least one light patch, light spot, contrast transition or an edge whose position is determined by the geometry, onto at least one detector whose output signals are evaluated, the optical system being capable of setting a selectable linear magnification and a selectable distance from the respective object.

A method and an arrangement of the type described above W. Rauth: "Koordinatenknown (R.-J. Ahlers, are Bildverarbeitung" ["Coordinate messtechnik mit measuring technology with image processing"] in: VDI-Z 131 (1989) No. 11, pages 12-16). The known coordinate special optical with a measuring machine has a telecentric beam path. The optical system is designed, furthermore, such that a change in magnification is not attended by a change in the object distance. For height measurements, the known coordinate measuring machine provides an autofocus device that operates as a null indicator and necessitates an additional mechanical movement in the third dimension.

30

35

Also known is a control device for objectives that have a variable focal length and in the case of which a front lens group, a first sliding member for changing focal length and a second sliding member for holding the image position constant are connected in each case to drive systems for axial displacement. The controller includes a gate circuit with the aid of which the optical sliding members can be stopped at any desired

point independently of the initial conditions (DE 26 11 639 C3).

Finally, there is also known a device for measuring geometric structures which has a photogrammetry system and a feeler composed of a flexible shaft and a tracing element that is connected to the shaft and is brought into contact with the measurement object during measurement. Fitted on the shaft are targets, for example balls, whose position relative to the sensing reference system is acquired by the photogrammetry system. The position of the tracing element is measured from the target positions which emit light (DE 297 10 242 U1).

15

20

10

The invention is based on the problem of providing for a wide field of use a suitable method and an arrangement to be employed in a wide field of use to measure the geometry of objects with the aid of an optical system that detects with low outlay light generated as a function of the geometry, and projects it on at least one detector and permits high resolutions over a wide measuring range.

- According to the invention, the problem is essentially solved in the case of a method of the type mentioned at the beginning by virtue of the fact that the optical system comprises a zoom optics unit whose lens groups are respectively moved separately by motor into positions for the linear magnification and the distance from the object. This method is suitable for accurate measurement of geometries that can have large differences in the course of the profile.
- In a particularly expedient embodiment, the topographydependent light is generated by a sensing element that is brought into contact with the object and whose position can be ascertained directly or indirectly with

the aid of the optical system via at least one target. This embodiment permits selection between an optical method, that is to say one operating without contact, and a method operating with mechanical tracing, that is to say an optomechanical method. The selection is governed by the type of the respective geometry to be measured, the material properties, the desired linear magnification, the desired depth of field and the desired measuring distance or operating distance.

10

15

20

25

5

During measurement of the geometry of the object with the aid of the sensing element, the operating distance of the optical system is expediently set with the aid of the zoom optics unit such that the object or measurement plane is located in the middle of the sensing element.

During measurement of the surface topography without sensing element, that is to say only optically, the operating distance of the optical system is preferably set with the aid of the zoom optics unit such that the object or measurement plane is located in front of the sensing element. In this case, the sensing element is situated outside the depth of field of the optical system and is invisible.

Alternatively, the object and measurement plane can be set in space on the side of the sensing element facing the object with the aid of the zoom optics unit.

30

35

In particular, the position of the sensing element and/or of the at least one target is determined by means of reflecting radiation and/or radiation occluded by said element or said targets and/or emitted by the sensing element.

The deflection of the sensing element caused by contact with the object is expediently measured by means of the

10

optical system. The deflection can be ascertained by the displacement of the image of the sensing element on the detector. It is also possible to determine the deflection of the sensing element by evaluating the contrast function of the image by means of an image The deflection can also processing system. determined from a change in size of the image of the at least one target, which is based on the relationship between object distance and magnification in terms of ray optics. Furthermore, the deflection of the sensing element can be determined by the apparent change in size of the target image on the basis of the loss in contrast through defocusing.

case of an arrangement for measuring the 15 geometry of objects by means of a coordinate measuring machine having an optical system for acquiring and imaging at least one light patch, light spot, contrast transition and/or an edge whose position is determined by the surface topography, onto at least one detector 20 whose output signals can be evaluated, the optical system being designed for setting a selectable linear selectable distance from and а magnification respective object, the problem is essentially solved according to the invention by virtue of the fact that 25 the optical system has a zoom optics unit that includes at least two lens groups that can be axially displaced separately by motor in each case. Linear magnification and/or the operating distance and/or the depth of field are varied or set with the aid of the lens groups or 30 lens packets.

In an advantageous development of the arrangement, a sensing element and/or at least one target assigned thereto is provided in front of the optical system for the purpose of optical position acquisition. The measuring arrangement according to the invention can operate in two different operating modes owing to the

15

arrangement of the sensing element and the at least one target. In one operating mode, the geometry is measured without touching the object. In the other operating mode, the geometry is measured optically indirectly through the tracing and deflection of the sensing element. In the case of measurement without sensing element, the zoom optics or variable optics unit is set such that the object or measurement plane is located in front of the side of the sensing element facing the optical system, that is to say the sensing element is 10 situated outside the depth of field of the optical system. The sensing element is "invisible". If the sensing element deflection of is used the measurement, the object plane is then placed in the middle of the sensing element by means of the zoom optics unit.

The sensing element is preferably arranged at the end of a flexible glass fiber or optical conductor feeler. The glass fiber feeler can be of spherical design at 20 the end. It is also possible to provide the glass fiber feeler with at least one target. Fed through the optical conductor to the end of the feeler or to the target or targets is light that is emitted by the end 25 or by the targets.

However, it is also possible to design the sensing element or the target as reflector at or on a pin.

- The pin and the glass fiber are preferably bent in an 30 L-shaped fashion, the section adjacent to the sensing end being arranged along the optical axis of the optical system.
- The field of use of the measuring arrangement according 35 invention is widened by the two possible operating modes. The type of measurement can be adapted to the structure of the respective object surface. The

measuring arrangement is therefore suitable even for difficult contours as a tester that can be widely used for roughness, shape or waviness. It is possible to measure surface structures composed both of hard and of soft material such as rubber or plastic.

In order to set the tracing force of the sensing element in a defined fashion in this case, the flexible pin or shaft can be held displaceably, if appropriate, by a rigid, or substantially rigid guide beyond which the pin or shaft projects with a desired bending length that has the sensing element or a target assigned thereto.

15 Further details, advantages and features of the invention emerge not only from the claims, the features to be gathered therefrom - individually and/or in combination - but also from the following description of a preferred exemplary embodiment illustrated in a drawing.

The drawing illustrates schematically an arrangement of a coordinate measuring machine for acquiring the geometry of objects. The arrangement includes optical system 10 that has a base lens 14 arranged 25 behind a diaphragm 12, and a fixed lens 16 arranged in front of the diaphragm 12. A zoom optics or variable optics unit 18 forms the attachment in front of the base lens 40. The zoom optics unit 18 includes a first lens group 20 or first lens packet, and a second lens 30 group 22 or second lens packet. The two lens groups 20, 22 can be set by motor independently of one another as regards their axial positions along an optical axis 24 illustrated Ιt is optical system 10. of the schematically in the drawing that settings can be made 35 by a motorized drive 26 connected to the lens group 20 and by a motorized drive 28 connected to the lens group 22. Located in an image plane behind the base lens 14,

which is arranged outside the optical system 10 that moves along the axis 24 is a detector 30, in particular a photoelectric one, which is fed the beams emerging from the base lens 14 by a deflecting mirror 29, and which is connected on the output side to an evaluation unit 32 with the aid of which the output signals of the detector 30 are conditioned and processed. evaluation unit 32 includes a computer, in particular. The detector 30 is, for example, a camera.

10

15

20

Located at a distance in front of the optical system 10 is a sensing element 34 that is arranged at the end of a feeler 36. The feeler 36 is bent or angled in an L-shaped fashion. The section of the feeler, connected to the sensing element 34, before the curvature is arranged along the optical axis 24, which also runs through the sensing element 34. At least one target can be arranged at the feeler 36, but is not illustrated in 29 is The deflecting mirror drawing. the semitransparent.

The sensing element 34 and/or the target can designed as a member that emits or reflects radiation in space, in particular as a sphere or cylinder.

25

30

The feeler 36 is flexible at least in the section adjacent to the sensing element 34. The section 38 angled away perpendicular to the optical axis 24 is arranged at its end in a sleeve 40 that is fastened to a holder 42. The holder 42 can be connected to a drive mechanism which can be moved in five degrees freedom. The holder 42 and optical system 10 can be interconnected or form a rigid unit. The sleeve 40 is designed to be rigid or substantially rigid such that 35 the free end of the flexible feeler 36 projecting beyond the sleeve 40 can be bent in a defined fashion as a result of which a desired tracing force of the can be prescribed. this element 34 In sensing

10

arrangement, the shaft or feeler 36 can be held fixed in the guide or sleeve 40, or can be designed displaceably in relation thereto in order to be able to prescribe the bending length, that is to say the section that projects beyond the sleeve 40.

The feeler 36 is preferably designed as an optical conductor or glass fiber conductor whose end arranged in the holder 42 is irradiated by a light source 46 via an optical system 44. The optical conductor is surrounded by an opaque cover 48 except for the section adjacent to the transparent sensing element 34.

The arrangement illustrated in the drawing can be used to measure surfaces of objects with two different 15 specifically a contactless one methods, mechanical/optical one. In the case of the contactless, optically scanning method, the zoom optics unit 18 is set such that the operating distance 50 is in front of the sensing element 34. The lens groups 20 and 22 are 20 located in this case in the positions illustrated in the drawing by continuous lines. The sensing element 34 is situated outside the depth of field of the optical system 10 in the case of this setting. This means that is invisible and is therefore not imaged. 25 surfaces of elastic or even soft material, for example, can be measured with the aid of the contactless scanning.

30 In the case of the mechanical/optical method, the position of the sensing element 34 brought into mechanical contact with the surface of the object is measured. Before this, the zoom optics unit 18 is set such that the object or measurement plane 52 is located in the middle of the sensing element 34, the so-called sensing ball. Thus, the position of the sensing element 34 or that of a target (not illustrated) is measured.

Deformations of the feeler 36 have no influence on the measurement.

Deflections in the direction perpendicular to the sensor and camera axis can be determined directly by displacing the image in a sensor array 54 downstream of the semitransparent deflecting mirror 29, in particular an electronic camera. The evaluation of the image can be performed with the aid of image processing installed in a coordinate measuring machine, in the evaluation unit 32. This results in the realization of a two-dimensionally operating sensing system that can be coupled very easily to an optical evaluation unit.

- 15 There are several possibilities for sensing the deflection in the direction of the optical sensor and camera axis, inter alia:
- 1. The deflection of the sensing element 34 in the direction of the sensor axis 24 (camera axis) is measured by the detector 30, a focusing system such as is already known in optical coordinate measuring technology with reference to focusing onto the workpiece surface. The contrast function of the image is thereby evaluated in the electronic camera.
- 2. The deflection of the sensing element in the direction of the sensor or camera axis is measured by virtue of the fact that the size of the image of a target is evaluated, for example the variation in diameter in the case of a circular or annular target. This effect is caused by the rayoptical imaging and can be specifically optimized by the configuration of the optical unit.
 - In the case of a third possibility, as well, the change in size of the target is evaluated, but the

change is one that results from the combination of a change in size owing to ray optics and the apparent magnification by blurred edges. By contrast with the evaluation of the unsharpness function, this method utilizes the fact that the actual size of the target is unchangeable.

In the case of object measurement with the aid of the sensing element 34, the two lens groups 20 and 22 are arranged at a lesser spacing from one another than in the case of optical scanning. The corresponding positions of the lens groups 20, 22 are denoted by 20' and 22' in the drawing.

15 The measuring arrangement described above can be used to vary the linear magnification, the depth of field and the operating distance, and/or to adapt the requirements to the accuracy and speed of surface scanning. Since the measuring arrangement can also be adapted to the material properties such as hardness, it is suitable for a wide field of use.

WO 99/53268 PCT/EP99/02568

- 11 -

Patent Claims

35

- A method for measuring the geometry of objects by means of a coordinate measuring machine having optical system for acquiring an imaging at least one light patch, light spot, contrast transition and/or an edge whose position is determined by the geometry, onto detector whose at least one output signals evaluated, the optical system being capable of setting a selectable linear magnification and a selectable 10 distance from the respective object, characterized in that the optical system comprises a zoom optics unit whose lens groups are respectively moved separately by motor into positions for the linear magnification and the distance from the object. 15
- The method as claimed in claim 1, characterized in that the light patch, light spot, contrast transition or the edge is generated by a sensing element that is
 brought into contact with the object and whose position can be ascertained directly or indirectly with the aid of the optical system via at least one target.
- 3. The method as claimed in claims 1 and 2, 25 characterized in that the operating distance of the optical system with the zoom optics unit is set in such a way that the object or measuring plane is located in the middle of the sensing element.
- 30 4. The method as claimed in claims 1 and 2, characterized in that the operating distance of the optical system with the zoom optics unit is set in such a way that the object or measuring plane is located in front of the sensing element.

5. The method as claimed in claim 2 or 3, characterized in that the deflection of the sensing

element caused by contact with the object is measured with the aid of the optical system.

- 6. The method as claimed in at least claim 1, characterized in that the optical system comprises a 5 zoom optics unit whose lens groups are respectively moved separately by motor into positions for the linear magnification and the distance from the object, in that in the case of mechanical/optical measurement at the 10 respective object the light patch, light spot, contrast transition or the edge is generated by a sensing element that is brought into contact with the object and whose position can be ascertained directly or indirectly with the aid of the optical system via at least one target in the case of an operating distance 15 of the optical system set with the aid of the zoom optics unit, in which case the object or measuring plane cuts the sensing element, and in that, in the case of contactless measurement at the respective 20 object, the operating distance of the optical system with the zoom optics unit is set in such a way that the object or measuring plane is located outside sensing element.
- 25 arrangement for measuring the geometry of 7. An objects by means of a coordinate measuring machine having an optical system (10) for acquiring and imaging one light patch, least light spot, contrast transition and/or an edge whose position is determined 30 by the geometry, onto at least one detector (30) whose output signals can be evaluated, the optical system designed for selectable being setting a selectable distance from magnification and a respective object, characterized in that the optical 35 system (10) has a zoom optics unit (18) that includes at least two lens groups (20, 22) that can be axially displaced separately by motor in each case.

- 8. The arrangement as claimed in claim 7, characterized in that a sensing element (34) and/or at least one target assigned thereto is arranged in front of the optical system (10) for the purpose of optical position acquisition of the light patch or light spot.
- 9. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the zoom optics unit (18) is used to set the object or measurement plane in space on the side of the sensing element (34) facing the object.

- 10. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the zoom optics unit (18) is used to set the object or measurement plane in space in front of the side of the sensing element (34) facing the optical system (10).
- 11. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the zoom optics unit (18) is used to set the object or measurement plane in a fashion running through the sensing element (34), in particular the middle thereof.
- 25 12. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the sensing element (34) is arranged at the end of an optical conductor feeler (36).
- 30 13. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the optical conductor feeler (36) bears at the end a transparent spherical sensing element (34).
- 35 14. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the sensing element (34) or at least one target assigned thereto is

designed as a reflector that is connected to a pin or shaft (36).

15. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the pin or shaft (36) runs inside a rigid or substantially rigid guide such as the sleeve (40), with the exception of a free bending length having the sensing element (34) and/or a target assigned thereto.

10

15

- 16. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the pin or shaft is angled in an L-shaped fashion, and in that the section of the pin adjacent to the sensing element (34) runs along the optical axis (24) of the optical system (10).
- 17. The arrangement as claimed in at least one of the preceding claims, characterized in that the optical system (10) has a zoom optics unit (18) that includes 20 at least two lens groups (20, 22) that can be axially displaced separately by motor in each case, in that a sensing element (34) and/or at least one assigned thereto is arranged in front of the optical system (10) for the purpose of the optical position 25 acquisition of the light patch or light spot, and in that the zoom optics unit (18) is used in a first operating mode to set the object or measurement plane in space on the side of the sensing element (34) facing the respective object, and in a second operating mode 30 to set the object or measurement plane in space in front of the side of the sensing element (34) facing the optical system (10).